



22

Produção de mudas de eucalipto

Ivar Wendling
Leonardo Ferreira Dutra
Mônica Moreno Gabira
Leandro Marcolino Vieira
Juliana Degenhardt

Introdução

A área de cultivo com espécies do gênero *Eucalyptus* no Brasil tem sido crescente a cada ano e, para o estabelecimento de plantações florestais, a utilização de mudas de qualidade é um dos aspectos mais importantes para garantir o sucesso do empreendimento. Assim, é necessário, cada vez mais, produzir mudas com características para resistir às condições adversas encontradas nas áreas dos reflorestamentos, com crescimento satisfatório. Mudanças de melhor padrão de qualidade apresentam maior sobrevivência no plantio, além de apresentar melhor desenvolvimento, diminuindo a frequência dos tratos culturais de manutenção e garantindo um produto final de boa qualidade e com menor custo.

Diversos estudos sobre produção de mudas de espécies de eucaliptos foram realizados pela Embrapa, desde a sua criação em 1973, cujos resultados têm sido disponibilizados por meio de publicações técnico-científicas aos diversos públicos interessados no tema. Além disso, uma série de ações de comunicação e transferência das tecnologias desenvolvidas por meio de cursos, dias de campo, palestras, matérias jornalísticas, artigos na mídia, orientações de graduação e pós-graduação, organização de eventos técnico-científicos e contribuíram significativamente ao setor de produção, desde viveiros pequenos até aqueles verticalizados de empresas florestais de maior porte.

A pesquisa florestal na Embrapa foi iniciada com o estabelecimento do Programa Nacional de Pesquisa Florestal (PNPF), como resultado de um convênio firmado entre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama) (ex-Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, IBDF/MA) e a Embrapa, em 1977. Por meio deste programa, foi delegada à Embrapa a responsabilidade de coordenar, executar e apoiar a execução da pesquisa florestal brasileira. Considerando-se as diretrizes governamentais, “Propagação de Plantas e Viveiros” foi uma das principais linhas de pesquisa desenvolvidas pelo PNPF, com 16 grandes projetos conduzidos durante este programa, em que parte significativa das atividades desenvolvidas foi na área de sementes e produção de mudas de espécies de eucaliptos (Pinto Júnior; Ferreira, 2008).

Este capítulo reúne de forma sintética as principais pesquisas realizadas e tecnologias geradas para a produção de mudas de eucaliptos pela Embrapa, juntamente com seus parceiros, durante os 40 anos de sua existência. Apresenta também as principais publicações sobre o tema disponibilizadas no período, na forma de artigos técnico-científicos, livros e outros materiais de divulgação, bem como os treinamentos técnicos efetuados.

Pesquisas realizadas com produção de mudas de espécies de eucaliptos

Durante os 40 anos de pesquisa florestal na Embrapa, foram realizados inúmeros estudos visando ao desenvolvimento de produtos, processos, tecnologias e metodologias relacionadas à produção de mudas de eucaliptos. Durante este período foram publicados inúmeros artigos científicos, juntamente com uma série de parceiros nacionais e internacionais. Em um dos primeiros estudos publicados, Souza et al. (1981) afirmaram que, por se tratar de espécies florestais mais plantadas no Brasil, a produção de mudas é uma fase que requer atenção e cuidados imprescindíveis.

Diversos tipos de publicações na forma de cartilhas, livros, capítulos de livro e artigos de revisão que abordam etapas, procedimentos, aspectos tecnológicos e financeiros gerais e específicos da produção de mudas de eucaliptos foram produzidos pela Embrapa e seus parceiros. Dentre eles destacam-se Souza et al. (1981), Sturion (1981), Guimarães (1997), Fowler (2000), Fowler e Bianchetti (2000), Graça e Tavares (2000), Graça (2000), Sturion (2000), Sturion et al. (2000), Sturion e Antunes (2000), Tavares e Graça (2000), Wendling e Xavier (2001), Wendling et al. (2002, 2006), Moura e Guimarães (2003), Dutra et al. (2009), Xavier et al. (2009, 2013), Dutra e Wendling (2010), Ferriani et al. (2010), Wendling e Dutra (2010a, 2010b, 2010c, 2017a, 2017b), Caldeira et al. (2011a, 2011b, 2015), Dias et al. (2012), Santarosa et al. (2014), Wendling et al. (2014a, 2014b). Adiante são listados, de forma sucinta, os principais tópicos e resultados relacionados à produção de mudas de eucaliptos abordados nessas publicações.

Nutrição e adubação de mudas

Considerando a importância da nutrição mineral de espécies florestais, vários estudos relacionados com nutrição de mudas foram desenvolvidos. Nestes estudos foram avaliadas e desenvolvidas diferentes recomendações de adubação de base e de cobertura para produção de mudas de eucaliptos via semente e propagação vegetativa.

Silveira et al. (2004) avaliaram o crescimento e sobrevivência de mudas de eucalipto sob doses de boro (0; 0,325; 1,3; 5,2 e 20,8 mg L⁻¹) cultivadas em condições de viveiro e de campo. Os autores constataram que mudas de *E. saligna* e *E. grandis*, com até 266 dias de idade, cultivadas com doses iguais ou superiores a 5,2 mg L⁻¹ apresentaram redução significativa no crescimento em altura e no diâmetro do caule. Verificaram também que a aplicação de até 20,8 mg L⁻¹ não afetou o pegamento e sobrevivência das mudas dessas espécies. Já no estágio de viveiro, *E. saligna* foi mais sensível à fitotoxidez de boro que *E. grandis*.

Teixeira et al. (2008) verificaram a influência da adubação potássica e do potencial hídrico do solo na produção de matéria seca e relações hídricas de mudas

de *Eucalyptus* sp. Concluíram que a aplicação de K influenciou nas trocas gasosas das mudas, aumentando a assimilação de C e reduzindo a condutância estomática e a taxa de transpiração e, como consequência, aumentando a eficiência de uso da água. O déficit hídrico não promoveu diferenças significativas nas trocas gasosas, mas, em geral, as plantas submetidas a este tratamento apresentaram menor consumo de água.

Accioly et al. (2009) avaliaram a aplicação de silicato de cálcio como agente amenizante da toxidez de zinco e cádmio em mudas de *E. camaldulensis* e diminuição dos teores destes metais na parte aérea das plantas. Verificaram que o efeito amenizante do silicato de cálcio, relacionado à redução da transferência dos metais pesados do solo para a parte aérea do eucalipto foi mais acentuado para o zinco. Bognola et al. (2011) avaliaram o efeito da aplicação de silicatos de cálcio e de potássio no substrato utilizado para o crescimento de mudas de *E. grandis*. Os autores concluíram que a aplicação de silicatos em substratos para produção de mudas da espécie foi inadequada quando o substrato utilizado apresentou proporção equilibrada em termos de nutrientes e pH.

Rosa (2006) e Rosa et al. (2009), ao avaliarem a influência de diferentes doses de nitrogênio na miniestaquia de *E. dunnii*, observaram produtividade crescente de miniestacas associadas ao aumento da concentração de N, evidenciando a influência da adubação nitrogenada. Em outro estudo, Rosa et al. (2007) recomendaram que, para favorecer a produção de biomassa em minicepas de *E. dunnii*, deve-se priorizar a utilização de amônio (NH_4^+), isoladamente ou acrescido de nitrato (NO_3^-) na fertirrigação das minicepas. Já em relação às doses de N, o tratamento superior ($0,6 \text{ g L}^{-1}$) foi o mais indicado no manejo do minijardim clonal.

Magalhães et al. (2017) avaliaram a eficiência de fertilizantes organominerais fosfatados (misturas contendo superfosfato triplo, fosfato natural reativo de Bayovar, conteúdo ruminal de bovinos de corte, biochar e cama de aviário) sobre o crescimento inicial de mudas do híbrido “urograndis”, *E. urophylla* x *E. grandis* (clone I144). O fosfato reativo de Bayovar misturado ao conteúdo ruminal de bovinos de corte proporcionou crescimento das mudas similar ao tratamento controle, podendo ser uma alternativa para a produção de eucalipto. O fertilizante composto de superfosfato triplo, biochar e cama de aviário não foi eficiente para o crescimento inicial das mudas.

Avaliando doses de fertilizante de liberação lenta (FLL) Basacote® Mini 6M 13-6-16 + micronutrientes e fertilizante convencional NPK 5-20-10 na qualidade de mudas (altura total, diâmetro do colo, biomassa fresca da parte aérea, biomassa seca da parte aérea, biomassa seca da raiz e biomassa seca total) de *E. grandis*, Rossa et al. (2015) concluíram que a utilização do FLL promoveu melhores padrões de qualidade das mudas, quando comparado com o fertilizante convencional. Melhores padrões de mudas foram verificados nas doses entre 9,1 kg e 12,9 kg de FLL m^{-3} de substrato, tendo a concentração de nutrientes a seguinte ordem $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu}$.

Considerando a importância da nutrição mineral mediante a utilização de silício, que proporciona maior resistência da planta à ação de fungos e insetos, Queiroz et al. (2018) avaliaram a sua absorção e translocação em mudas de *E. camaldulensis*. Concluíram que a espécie foi capaz de absorver e translocar silício 60 dias após a aplicação de adubo silicatado e nas maiores dosagens de ambas as fontes de Si usadas. Concluíram também que a translocação do silício em plantas de *E. camaldulensis* foi maior aos 60 dias após a aplicação de diferentes fontes de Si, a fonte de silício que resultou em maiores teores deste elemento na parte aérea e raízes foi o silicato de potássio aplicado via foliar, na maior dose avaliada (10 mL L^{-1}) e que o eucalipto não é uma espécie acumuladora de silício.

Wendling e Dutra (2017a, 2017b) forneceram uma série de recomendações de adubação para produção de mudas de eucalipto, tanto por via seminal como propagação vegetativa. Os autores ressaltaram que os exemplos de adubações apresentados apenas ilustram algumas possibilidades, devendo ser adaptados de acordo com as necessidades e especificidades de cada viveiro. No que se refere à adubação de base, para cada m^3 de substrato, as seguintes recomendações são citadas:

- Substratos contendo adubação de base (substratos comerciais): superfosfato simples (3.000 g); cloreto de potássio (150 g); FTE® BR 9 ou BR 12 (1.000 g).
- Substratos sem adubação de base (substratos formulados no viveiro): superfosfato simples (4.000 g); cloreto de potássio (200 g); FTE® BR 9 ou BR 12 (1.500 g).

Em termos de adubação de cobertura, Wendling e Dutra (2017a, 2017b) sugeriram que sejam diferenciadas para cada fase de produção (adubação de arranque, de crescimento e de rustificação), para propagação sexuada e vegetativa:

- Adubação de arranque (primeira à terceira semana após a fase de germinação, em mudas produzidas por sementes ou fase de aclimação em casa de sombra, no caso da propagação vegetativa): sulfato de amônio (0,3 g por L de água); superfosfato simples (4,6 g por L de água); cloreto de potássio (2,1 g por L de água); FTE® BR 10 ou BR 12 (0,5 g por L de água).

Os adubos deverão ser solubilizados em água, aplicando-se 3 L dessa solução para cada 1.000 mudas, com seis a oito aplicações intercaladas a cada 3 dias para mudas de sementes e uma a duas por semana para mudas de propagação vegetativa.

- Adubação de crescimento (iniciada após a adubação de arranque para propagação sexuada e na fase de crescimento das mudas por propagação vegetativa, em condições de pleno sol): ureia (8 g por L de água); Yoorim MG ou superfosfato simples (6 g por L de água); cloreto de potássio (6 g por L de água para mudas de sementes

e 2,1 g por L de água para mudas de propagação vegetativa); FTE® BR 10 ou BR 12 (0,5 g por L de água).

Os adubos deverão ser solubilizados em água, aplicando-se 3 L dessa solução em 1.000 tubetes (5 a 20 aplicações intercaladas a cada 3 ou 4 dias para mudas de sementes e uma a duas por semana para mudas de propagação vegetativa).

- Adubação de rustificação (iniciada antes das mudas irem para plantio definitivo): sulfato de amônio (5 g por L de água); superfosfato simples ou Yoorin MG (10 g por L de água); cloreto de potássio (4 g por L de água); FTE® BR 10 ou BR 12 (0,5 g por L de água).

Os adubos deverão ser dissolvidos em água, aplicando-se 3 L dessa solução para cada 1.000 mudas (aplicações intercaladas a cada 3 ou 4 dias para mudas de sementes e 3 a 5 dias para mudas de propagação vegetativa).

Wendling e Dutra (2017a, 2017b) também recomendaram, como alternativa eficiente, a utilização de fertilizantes de liberação controlada no substrato, eliminando-se a necessidade de adubações de cobertura.

Aplicação de outros produtos em mudas

Diante da necessidade de obtenção de mudas florestais com melhor crescimento, qualidade, resistência a pragas e doenças, bem como mudas nutridas de forma adequada, o uso de biotecnologias tem sido estudado. Para *E. benthamii*, Monteiro e Auer (2012a, 2012b) avaliaram mudas tratadas com Bacsol® (fertilizante orgânico 100% natural composto de microrganismos benéficos), incorporado ao substrato nas doses de 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2 g/muda. Os autores obtiveram resultados de crescimento linear positivo para altura, com incremento de até 41,5% quando comparado com o tratamento controle. Em outro estudo, Monteiro e Auer (2015) estudaram a influência do Bacsol® nos teores de NPK das folhas de mudas de *E. benthamii*. O produto foi incorporado ao substrato utilizado na produção e os autores concluíram que, com a aplicação, as mudas apresentaram teores nutricionais mais adequados para os elementos avaliados, com maiores taxas de eficiência nutricional. Monteiro (2013) avaliou o efeito do Bacsol® incorporado ao substrato no crescimento e nutrição de mudas de *E. benthamii* e observou que o produto apresentou efeito positivo no crescimento e nutrição das mudas, recomendando as dosagens de 1 ou 2 g por muda.

Meireles et al. (2012) avaliaram o efeito de diferentes formulações de extrato de composto e outros biofertilizantes aplicados em diferentes dosagens sobre o crescimento em altura, diâmetro, massa fresca da parte aérea e volume de raiz de mudas de *E. grandis*. Concluíram que o extrato de composto com dois dias de incubação apresentou

os melhores resultados para todas as características estudadas e esta resposta foi maior quando foi aplicado em maior quantidade (10 mL por muda). Deknes et al. (2018) avaliaram os efeitos de diferentes doses de lodo de curtume em mudas do híbrido “urograndis”, *E. urophylla* x *E. grandis* (clone I144), procurando identificar o limite de dose a ser aplicada que poderia influenciar significativamente na disponibilidade de nutrientes ao solo e, conseqüentemente, no desenvolvimento das plantas.

Considerando a importância dos fungos do gênero *Trichoderma* para o crescimento das plantas, Carvalho Filho et al. (2008) avaliaram cinco isolados daquele gênero em mudas de *E. grandis* e *E. urophylla*. Concluíram que os isolados CEN 209, 262 e 500 promoveram a produção de ácido indolacético em testes de filtrados de colônias com o reagente de Salkowski. Constataram também que o isolado CEN 262 apresentou a maior produção de AIA e demonstrou capacidade de colonizar raízes das mudas de eucalipto (clone G-100). Além disso, esse isolado proporcionou o maior índice de desenvolvimento nas partes aérea e radicial das mudas.

Santos et al. (2008) avaliaram isolados de *Trichoderma* spp. e *Gliocladium virens* no crescimento e na produção de AIA in vitro, em mudas de *E. urophylla* e *E. grandis* e verificaram que, com exceção do isolado CEN 512 (*T. atroviride*), são capazes de promover crescimento significativo de raízes e parte aérea. Avaliando o efeito da aplicação de *Trichoderma harzianum* na supressão de doenças e no desenvolvimento de mudas de *E. grandis* propagadas por miniestaquia, Lohmann et al. (2009) encontraram efeito positivo na supressão de manchas foliares ocasionadas por *Cylindrocladium* sp. Não houve, no entanto, efeito da aplicação de *T. harzianum* no desenvolvimento das mudas.

Monteiro et al. (2015) avaliaram a influência de um produto biotecnológico (composto por vários grupos de microrganismos) na nutrição mineral e eficiência de uso de nutrientes em mudas de *E. benthamii*. A aplicação do produto aumentou a concentração dos nutrientes nos componentes foliares e em hastes de mudas e resultou em maior eficiência de uso dos nutrientes avaliados na produção de biomassa da parte aérea.

Recipientes

Diversos estudos foram realizados com recipientes para a produção de mudas de eucalipto. Wendling e Dutra (2017b) concluíram que os tubetes plásticos com capacidade de 50 cm³ são os que têm melhor aceitação no mercado, pois permitem o acondicionamento de um número grande de mudas, automatização do sistema de produção, desde o seu enchimento até a semeadura e expedição das bandejas para a área de germinação. Um cuidado especial em relação a sua escolha é quanto à existência de frisos internos, que direcionam as raízes para a abertura inferior dos mesmos, evitando o enovelamento das raízes. Segundo os autores, tubetes biodegradáveis estão sendo

desenvolvidos e avaliados. As vantagens deste tipo de tubete em relação ao tradicional seriam relacionadas à diminuição de custos com mão de obra e materiais, tanto no viveiro quanto no campo, não havendo a necessidade de retirada das mudas dos mesmos antes do plantio, nem retorno dos tubetes ao viveiro, menor necessidade de espaço para armazenamento, não geração de resíduos, melhor conformação do sistema radicular, uma vez que as raízes não seriam todas direcionadas para a base do tubete. Como desvantagem dos tubetes biodegradáveis, os autores citam a necessidade de serem diferenciados para distintos tempos de produção de mudas, variável em função de espécies e condições de manejo.

Outro tipo de embalagem biodegradável desenvolvida apresenta o formato similar ao de um saco plástico (com diferentes tamanhos), utilizada em alguns viveiros de eucalipto (Wendling; Dutra, 2017b). Além das vantagens citadas para os tubetes biodegradáveis, este tipo de embalagem é totalmente aberto na parte inferior, possibilitando a poda das raízes e a formação de um sistema radicular mais expansivo, bem como dispõe de máquinas para a sua fabricação no próprio viveiro. Como desvantagens, os autores citam a necessidade do uso de bandejas especiais para a sua sustentação aérea e separação das mudas, para evitar o entrelaçamento das raízes entre embalagens, e a necessidade de um cronograma rígido de expedição das mudas.

Existem os chamados sistemas conjugados que funcionam como recipiente e substrato ao mesmo tempo (Wendling; Dutra, 2017b). Esses são constituídos de materiais orgânicos (geralmente turfas) prensados que, após umedecidos, se expandem. Quando a muda estiver pronta ao plantio é levada ao campo e plantada com o material, não havendo necessidade dela ser retirada da embalagem. Estes sistemas conjugados reduzem o gasto com mão de obra, uma vez que não há necessidade de preparação do substrato, do enchimento das embalagens e da retirada da embalagem, na hora do plantio. Além disso, as mudas produzidas nestes tipos de recipientes apresentam melhor desempenho de crescimento no campo, com menor deformação das raízes, quando comparadas com mudas produzidas em tubetes plásticos (Wendling; Dutra, 2017b).

Substratos

Diversos estudos sobre substratos para a produção de mudas de eucalipto foram realizados. Wendling e Dutra (2017b) concluíram que o tipo e a qualidade do substrato são fatores que condicionam de forma limitante os padrões de qualidade das mudas no viveiro e, para sua escolha, devem-se levar em conta fatores de ordem econômica e técnica do material. Além disso, segundo os mesmos autores, existem vários produtos que podem ser utilizados para a formulação de substratos, classificados em inertes (ex. vermiculita, casca de arroz carbonizada, moinha de carvão vegetal) e orgânicos

(ex. turfa, fibra de coco, esterco bovino, de aves e suínos, cascas de pinus ou eucaliptos, compostos derivados de resíduos orgânicos, etc.). Cada um destes componentes apresenta peculiaridades com relação aos teores de nutrientes disponíveis, condutividade elétrica, capacidade de retenção e disponibilização de água, granulometria, porosidade, etc. Para ser considerado um bom substrato, devem ser consideradas características importantes, tais como porosidade, retenção de umidade, granulometria e pH, as quais variam em função de sua origem, método de produção/obtenção, proporções de seus componentes, entre outras.

Difícilmente um material isolado apresentará todas as características desejadas de um bom substrato (Wendling; Dutra, 2017b). Por essa razão, os autores recomendam a mistura de dois ou mais materiais para sua formulação, sendo as proporções de cada material variáveis em função de suas características físicas, do sistema de produção de mudas, da sua disponibilidade, bem como do seu custo de produção e/ou aquisição. Na produção de mudas em embalagens, principalmente tubetes, atenção especial deverá ser dada para a agregação do substrato às raízes das plantas. Se o substrato não for bem agregado à muda, o torrão em volta das raízes se quebrará quando a embalagem for retirada para o transporte ou para o seu plantio no campo. Se, por outro lado, o substrato for muito compactado (firme), o torrão ficará aderido ao tubete, dificultando a sua retirada e podendo levar à ruptura de raízes, bem como resultar em problemas relacionados ao fraco crescimento do sistema radicular das mudas (Wendling; Dutra, 2017b).

Com o objetivo de obter mudas de qualidade, utilizando substratos alternativos, Brime et al. (2002) avaliaram o uso de diferentes proporções de casca de pinus, serragem decomposta e substrato comercial para a produção de mudas de *E. benthamii*. Concluíram que as misturas utilizadas não foram adequadas para a produção de mudas da espécie e o substrato comercial composto por esses mesmos materiais apresentou os melhores resultados.

Agostini et al. (2005) avaliaram características físico-hídricas de diferentes substratos para a produção de mudas de *E. badjensis*. Avaliaram oito tratamentos, sendo um com substrato padrão e os demais provenientes da compostagem dos resíduos: serragem, malte, celulósico, lixívia de celulose, esterco caprino e casca de pinus em diferentes proporções. Encontraram maiores valores de água disponível nos tratamentos compostados com serragem; já o tratamento com casca de pinus não compostada aumentou a porosidade total, aumentando o teor de água facilmente perdida pelo substrato. Comportamento semelhante também foi verificado nos tratamentos constituídos por composto de malte e esterco caprino, cuja dificuldade de hidratação deveu-se à elevada porosidade.

Maeda et al. (2006a, 2006b, 2006c) avaliaram resíduos gerados nas produções de papel e celulose, de cervejaria e da caprinocultura, como substratos para a produção de mudas de *E. badjensis*. Concluíram que o composto de bagaço de malte, serragem

de madeira e o esterco de caprinos compostado podem ser utilizados na formulação de substratos para produção de mudas, com ou sem adubação de base, enquanto que a formulação composta por lodo orgânico com serragem de madeira em mistura com casca de pinus pode ser utilizada somente como adubação de base. Com base nas formulações estudadas, os autores concluíram que é possível viabilizar tecnicamente a utilização destes materiais estudados na composição do substrato para produção de mudas de *E. badjensis*, com a determinação de doses de fertilizantes adequadas para a aplicação, tanto na base quanto em cobertura.

Xavier et al. (2009, 2013) fizeram uma série de recomendações sobre substratos para produção de mudas de eucalipto, por via da estaquia. Segundo os autores, o substrato mais utilizado na propagação por estaquia é constituído de vermiculita em combinação com casca de arroz carbonizada, composto orgânico ou outros materiais. Salientaram ainda que a qualidade da muda desejada, o processo de propagação, a disponibilidade e o custo do constituinte do substrato são fatores de relevância na tomada de decisão, bem como a existência de substratos comerciais no mercado especialmente formulados para enraizamento de estacas e miniestacas e que cabe ao produtor avaliar a melhor alternativa em termos de relação custo/benefício.

Steffen et al. (2011) avaliaram substratos constituídos de diferentes proporções de vermicomposto e turfa para a produção de mudas seminais de *E. grandis* e *Corymbia citriodora*. Os resultados demonstraram que o uso de 40-80% de vermicomposto favoreceu o crescimento das mudas de *C. citriodora*. Para *E. grandis*, no entanto, os autores recomendaram o uso de 60-80% de vermicomposto para o melhor crescimento das mudas. Maschio (2012) avaliou o efeito da inoculação de minhocas no substrato sobre o crescimento de mudas de *E. dunnii*, *E. grandis* e *E. benthamii*. A inoculação de minhocas da espécie *Pontoscolex corethrurus* promoveu maior crescimento de mudas de *E. benthamii* e a inoculação de *Amyntas gracilis* promoveu maior crescimento das mudas de *E. grandis*. Não houve influência no crescimento de mudas de *E. dunnii*. O autor recomendou ainda a necessidade de estudos para esclarecer os mecanismos de interação destas espécies de minhocas com o crescimento de mudas de *Eucalyptus* spp.

Kratz e Wendling (2013) observaram que o uso de casca de arroz carbonizada (CAC), combinada com vermiculita de granulometria média proporcionou crescimento de mudas de *E. dunnii* superiores àquelas crescendo em substratos comerciais. As propriedades físicas dos substratos utilizados naquele estudo apresentaram correlação com o crescimento das mudas. Em outro estudo, utilizando resíduos urbanos e agroflorestais, Kratz et al. (2013) observaram crescimento satisfatório em altura, diâmetro e produção de biomassa de mudas de *E. benthamii*, evidenciando o potencial de uso destes materiais como alternativas para a produção de mudas da espécie.

Em estudo para avaliar diversos materiais e formulações de substratos para a produção de mudas de *E. benthamii*, bem como estimar suas propriedades

físico-químicas por meio da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), Kratz (2015) concluiu que diversos materiais e formulações podem ser adotadas, com superioridade daquelas com maior capacidade de retenção de água, turfa, biossólido e fibra de coco. Quanto ao uso de modelos elaborados por meio do NIR, concluiu que o espectrofotômetro de bancada se mostrou viável para a estimativa de todas as propriedades físicas e químicas dos substratos. Por outro lado, concluiu também que o espectrofotômetro portátil permite a leitura de amostras mais homogêneas, refletindo na qualidade dos espectros.

Avaliando substratos baseados em CAC com diferentes granulometrias, vermiculita média e fibra de coco, para a produção de mudas de *E. camaldulensis*, Kratz e Wendling (2016) observaram que a CAC é um material com potencial de uso como componente de substratos. Observaram também que a densidade aparente, o pH e a capacidade de troca catiônica dos materiais são importantes por apresentarem correlação com as variáveis biométricas das mudas. Em outro estudo, Kratz et al. (2017) avaliaram a influência das propriedades físico-químicas de materiais usados como substratos na produção de mudas de *E. benthamii* e concluíram que houve maior crescimento nos substratos com maior capacidade de retenção de água. O biossólido apresentou o menor custo associado ao crescimento adequado das plantas e o uso de moinha de carvão pode auxiliar na redução dos custos de produção.

Rodrigues et al. (2016) avaliaram a utilização de sedimentos do Rio Amazonas incorporado ao substrato nas proporções 0%, 25%, 50%, 75% e 100% no crescimento de mudas de *E. grandis* e *Sclerolobium paniculatum*. Verificaram que o sedimento do Rio Amazonas apresentou melhor eficiência quando misturado ao substrato. A maior produção de matéria seca para *E. grandis* foi observada no tratamento contendo 25% de sedimento e 75% de substrato. Os autores atribuíram tais resultados a uma possível melhoria física do substrato em função da incorporação do sedimento.

Considerando a importância da destinação correta de resíduos sólidos industriais, Barros et al. (2016) avaliaram a utilização de biochar ativado (proveniente de resíduos madeiros) na composição de substratos para mudas de eucalipto. Avaliaram diferentes composições de substratos: fibra de coco e casca de arroz carbonizada (1:1, v/v); comercial (SC), casca de pinus e vermiculita (4:1, v/v); SC com biochar ativado (BA) e biochar (B) em diferentes proporções (25%; 50% e 75%); dois substratos puramente compostos com BA e B. Concluíram que o SC e os tratamentos com biochar ativado (25%, 50%, 75% e 100%) e biochar (75% e 100%) proporcionaram as maiores massas secas totais das mudas. Já para altura e diâmetro do coleto, os tratamentos com 75% e 100% de biochar ativado e com 75% e 100% de biochar resultaram nos maiores crescimento em altura e diâmetro do coleto. Em outro estudo, Barros (2017) concluiu que o pó-de-serra transformado em biochar é uma alternativa para o aproveitamento desse resíduo como um componente de substratos para produção de mudas de eucalipto. Sass et al. (2018) avaliaram o efeito do carvão vegetal como componente

de substrato para a produção de mudas de *E. dunnii* e concluíram que o mesmo não contribuiu para a melhoria da qualidade das mudas quando adicionado ao substrato.

Semeadura e germinação de sementes

Vários estudos sobre produção de mudas de eucalipto abordando a parte de sementes e semeadura foram desenvolvidos pela Embrapa e parceiros. Souza e Cândido (1977) avaliaram tipos de cobertura na produção de mudas de *E. grandis* e concluíram que palha de café e carvão foram os melhores materiais para cobertura na produção de mudas da espécie. Souza et al. (1981), em estudos sobre produção de mudas de eucalipto, recomendaram que as sementes sejam colocadas sobre o substrato (no recipiente) e cobertas com uma camada de 0,5 cm a 1 cm de areia. Quando as mudas atingirem 5 cm de altura, deve-se realizar o primeiro desbaste eliminando as mais fracas, com auxílio de uma tesoura, estando aptas ao plantio definitivo quando atingirem a altura de 20 cm a 30 cm. Silva et al. (1983) avaliaram diferentes tipos de materiais de cobertura de sementes para a produção de mudas de *Corymbia citriodora*. Avaliaram os substratos casca de arroz, areia, carvão, serragem e vermiculita em camadas com espessuras de 1,0 cm e 0,5 cm. Os autores concluíram que, para a cobertura de sementes da espécie, a casca de arroz, a areia ou o carvão com camada de espessura de 1,0 cm são os mais indicados, considerando-se a disponibilidade e o custo de tais materiais em cada região de produção da espécie.

Drumond e Souza (1982) avaliaram a influência da luz na produção de mudas de *Corymbia citriodora* e concluíram que a porcentagem de germinação e as características biométricas das mudas não foram influenciadas pelos níveis de sombreamento utilizados. Com base nisso, os autores ressaltaram que o sombreamento não é necessário para a produção de mudas seminais desta espécie. Tendo como hipótese que há diferenças no tamanho das sementes, de acordo com a altitude do local de origem e que esta também influencia no desenvolvimento das mudas, Moura (1983) avaliou o efeito deste fator nas características de sementes de *E. urophylla*. O autor concluiu que há influência da altitude sobre o tamanho, área cotiledonar e, conseqüentemente, no crescimento inicial das mudas. Recomendou ainda que a seleção de mudas fosse feita apenas oito semanas após a germinação, a fim de evitar a influência destes aspectos no tamanho das mesmas.

Entre uma série de recomendações, Wendling e Dutra (2017b) citam que o processo de semeadura de eucalipto pode ocorrer pelo método mecânico, com a utilização de seringas e bandejas de semeadura ou máquinas automáticas ou semiautomáticas, com diferentes princípios de funcionamento e produtividade. Segundo os autores, o que determinará a escolha do método a ser empregado é a quantidade de mudas a ser produzida, justificando-se ou não a mecanização da atividade e o porte do equipamento a ser adquirido. Recomendaram as seringas de semeadura

como uma alternativa simples e barata para uso em pequenos viveiros, podendo ser facilmente montadas, com materiais simples e disponíveis. Em livro publicado sobre produção de mudas de eucalipto, Wendling e Dutra (2017b) mostraram um esquema para montagem de uma seringa de semeadura com a utilização de canos de PVC e um paliteiro de plástico para a mesma finalidade (Figura 1). Salientaram também que uma preocupação na semeadura, principalmente com sementes pequenas, é a possibilidade de se semear duas vezes o mesmo recipiente ou deixar recipientes sem sementes. Isso pode ser evitado usando-se um produto misturado à semente que contraste com a cor do substrato (talco inerte) ou com o uso de marcadores como barbantes ou arames.

Foto: Ivar Wendling.



Figura 1. Seringa de semeadura montada a partir de um paliteiro de plástico.

Outros estudos realizados

Estudando a resistência de mudas de *E. viminalis* à geada por dois métodos, Lisboa Junior (1986a, 1986b) avaliou e analisou o método de Paton em comparação a um método de atribuição de notas. O autor verificou que ambos os métodos condiziram a interpretações equivalentes, exceto em alguns casos de pouca relevância. Constatou que a avaliação por notas e análise pelo Teste qui-quadrado (χ^2) de Pearson, quando comparado com o método de Paton e ANOVA, apresenta as vantagens de ser um método não destrutivo; permite a avaliação no campo ou no laboratório; não exige equipamentos específicos e apresenta maior simplicidade de análise, não necessitando de transformações ou verificação da normalidade de distribuição dos dados. Por outro lado, segundo o mesmo autor, este método apresenta as desvantagens de não permitir a análise de possíveis interações entre tratamentos nos ensaios fatoriais, bem como não admite o uso de regressões.

Avaliando a eficiência de uso de água por mudas de espécies florestais exóticas e nativas, Souza (2009) verificou que mudas do híbrido “urograndis” não diferiram de mudas de *Tabebuia impetiginosa* e *Calophyllum brasiliense*. O autor concluiu que tal resultado descaracteriza a ideia de um maior consumo de água pelo eucalipto quando comparado com as espécies nativas, nessa fase de desenvolvimento (120 dias) e que ambas as espécies se mostraram pouco eficientes no uso de água. Todavia, ressaltou que as mudas de “urograndis” situaram-se no grupo de espécies que apresentaram os melhores desempenhos de crescimento.

Padronização e qualidade de mudas

Após o final da rustificação, as mudas devem ser submetidas à seleção e padronização. Para estarem aptas ao plantio, Wendling e Dutra (2017b) recomendaram adotar os seguintes padrões de qualidade para mudas de eucalipto:

- Altura da parte aérea: 15 cm a 25 cm.
- Diâmetro de colo: >2 mm.

Sistema radicular ocupando toda a área interna do tubete, com bom desenvolvimento e coloração branca (raízes novas).

Propagação vegetativa ou clonagem

No Brasil, a propagação vegetativa de eucalipto passou por inúmeras transformações, tendo iniciado com a implementação da técnica de estaquia, em escala comercial, em meados da década de 1970. As técnicas de propagação vegetativa representam grande potencial para os programas de melhoramento genético florestal e desenvolvimento tecnológico direcionados ao aumento da produtividade, aspecto de grande importância para o setor produtivo florestal brasileiro, uma vez que a maioria das florestas com eucalipto provém de mudas propagadas vegetativamente (Ferrari et al., 2004).

Devido às dificuldades encontradas na propagação vegetativa de algumas espécies e clones de eucalipto por estaquia, principalmente no que diz respeito à utilização de material adulto e considerando a variação entre genótipos, a técnica de micropropagação surgiu com grande potencialidade na década de 1980. Entretanto, o uso da micropropagação na produção comercial de mudas de eucalipto não se justificou técnica e economicamente, sendo mais recomendada ao rejuvenescimento de material adulto, visando à microestaquia (Xavier et al., 2009, 2013; Wendling; Dutra, 2010b, 2010c, 2017a).

O fato de a microestaquia depender de laboratório de cultura de tecidos para promover o rejuvenescimento dos clones selecionados limitou o avanço desta técnica pela maioria dos produtores de mudas florestais. Neste sentido, no final da década de 1990, a miniestaquia foi rapidamente desenvolvida para a clonagem de eucalipto, sendo que, atualmente, praticamente todos os médios e grandes produtores brasileiros já a implantaram em nível comercial. Por outro lado, produtores de mudas de pequeno porte também estão se adequando para adotar a clonagem de eucalipto por miniestaquia, em escala comercial (Xavier et al., 2009, 2013; Wendling; Dutra, 2010b, 2010c, 2017a).

Dias et al. (2012) discutiram os processos de estaquia e miniestaquia como alternativa para suplantar as dificuldades observadas na propagação de algumas espécies vegetais, por via seminal. Tendo em vista a importância das pesquisas já desenvolvidas, os autores compilaram informações importantes relacionadas aos processos de propagação vegetativa de espécies florestais lenhosas nativas do Brasil.

Inoue et al. (1992) compararam o desempenho fotossintético entre mudas clonais de *E. grandis* x *E. urophylla* provenientes de micropropagação e estaquia. Observaram que mudas oriundas de estacas apresentaram desempenho fotossintético superior, com valores médios de $3,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, enquanto mudas micropropagadas apresentaram valores em torno de $1,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Os autores sugeriram como provável causa dessas diferenças o conteúdo de clorofila das plantas.

Grattapaglia et al. (1995) utilizaram estratégias de mapeamento genético para identificar loci de características quantitativas (QTL) relacionadas à propagação vegetativa de *E. grandis* e *E. urophylla*. Demonstraram que os desequilíbrios dentro de famílias podem identificar regiões do genoma que controlam características herdáveis relacionadas à propagação vegetativa.

Reguladores de crescimento para enraizamento de estacas

Para formação de raízes adventícias em estacas, é necessária a presença de certos níveis de substâncias de crescimento natural na planta, sendo umas mais favoráveis que outras. Várias substâncias, quando aplicadas exogenamente, promovem ou inibem a iniciação de raízes adventícias, dependendo da espécie, do estado de maturação, entre outros fatores (Xavier et al., 2013). Revisando assuntos sobre extração, purificação e quantificação de auxinas e a aplicação destas técnicas na propagação vegetativa de espécies florestais, Stuepp et al. (2014) concluíram que as auxinas, embora venham sendo amplamente utilizadas na propagação de espécies florestais, têm dificuldades de quantificação devido à baixa concentração nos tecidos vegetais.

Na estaquia comercial de *E. grandis*, *E. urophylla* e seus híbridos, por exemplo, Xavier et al. (2009, 2013) e Wendling (2014) citam que o AIB tem sido usado com sucesso no enraizamento, em concentrações variando de 6.000 mg L^{-1} a 8.000 mg L^{-1} , aplicado via pó ou via líquida. Entretanto, ressaltaram que, no caso da miniestaquia desses mesmos materiais genéticos, resultados positivos nos índices de enraizamento e sobrevivência das miniestacas podem ser alcançados com maior eficiência quando utilizadas concentrações entre 1.000 mg L^{-1} e 2.000 mg L^{-1} para alguns clones e a não aplicação em outros que apresentem maior facilidade de enraizamento. Wendling (2002) concluiu que concentrações em torno de 2.000 mg L^{-1} de AIB têm proporcionado melhores resultados de enraizamento para clones com maior dificuldade de propagação.

No que tange à aplicação de AIB, Wendling (2002) não observou efeitos das diferentes dosagens em relação à sobrevivência dos clones CC14 e CC12. Já nos

clones CC10 e CC15, foram observadas respostas diferenciadas à aplicação de AIB, não havendo, entretanto, tendência clara de efeito positivo ou negativo. Tais resultados são contrários aos encontrados na miniestaquia realizada por Wendling (1999), cuja dosagem 1.000 mg L⁻¹ foi a mais eficiente. Quanto à altura das mudas aos 50 dias e diâmetro de colo, diferentes dosagens de AIB não geraram diferenças significativas (Wendling, 2002).

Em geral, espécies de eucaliptos subtropicais não têm apresentado bom resultado de enraizamento de estacas, fazendo-se necessário o uso de reguladores. Em experimento utilizando híbridos de *E. benthamii* x *E. dunnii*, Brondani et al. (2010a) observaram que concentrações entre 4.000 mg L⁻¹ e 6.000 mg L⁻¹ de AIB promoveram melhor sobrevivência e enraizamento das miniestacas na saída da casa de vegetação.

Wendling et al. (2014a) apresentaram um histórico do uso de reguladores para o enraizamento de propágulos de diferentes espécies do gênero *Eucalyptus*. Segundo os autores, o uso de reguladores para o enraizamento de estacas se justifica principalmente pela menor juvenilidade dos materiais usualmente propagados por esta técnica. No entanto, atualmente, o método de miniestaquia é o mais utilizado para a propagação massal de clones de eucaliptos e, neste caso, o uso de reguladores pode ser evitado com o adequado manejo das minicepas, em viveiro.

Estaquia

Em um dos primeiros estudos sobre estaquia de *Eucalyptus* realizados na Embrapa, Higa e Borssato (1983) avaliaram o enraizamento de estacas de dez espécies de duas procedências e concluíram que o enraizamento é extremamente variável entre espécies e entre indivíduos de uma mesma espécie. Cooper e Graça (1987) avaliaram a capacidade de enraizamento de *E. dunnii*, em estacas provenientes de 1ª ou 2ª rebrota de diferentes procedências. A alta variabilidade no enraizamento ocorreu não apenas entre procedências, mas entre indivíduos da mesma procedência. Os autores observaram também a interferência de fatores externos no enraizamento da espécie.

Cooper et al. (1994) descreveram a técnica de produção de mudas de *E. dunnii* por estaquia. Abordaram todas as etapas necessárias para a otimização do enraizamento, dentre elas o preparo de estacas, tratamentos fitossanitários e aplicação de reguladores de crescimento, bem como o plantio das estacas e aspectos a serem observados durante o período de enraizamento.

Souza Junior et al. (2002) avaliaram o nível de enraizamento de estacas de rebrotas de cepas de progênies de *E. viminalis* e os resultados corroboraram com aqueles encontrados na literatura, ou seja, descreveram a espécie como de difícil enraizamento. Ao final do experimento os autores observaram a formação de brotos, mas nenhuma estaca enraizou, provavelmente devido às condições de temperatura e umidade da casa de vegetação e à ocorrência de fungos patogênicos.

Miniestaquia

A miniestaquia é uma variação da técnica de estaquia e foi desenvolvida a partir da década de 1990 para *Eucalyptus* (Xavier et al., 2009, 2013). De maneira geral, a miniestaquia é similar à estaquia convencional, porém apresenta variações metodológicas que permitem a otimização do enraizamento e qualidade da muda clonal, principalmente de clones com maior dificuldade de enraizamento (Xavier et al., 2001, 2009, 2013; Wendling; Dutra, 2010b, 2017a). Segundo Xavier e Wendling (1998), a alternativa da miniestaquia em substituição à microestaquia pode ser considerada uma boa estratégia, uma vez que não necessita de estruturas de laboratório de cultura de tecidos, reduzindo, portanto, os custos na produção das mudas.

De acordo com Souza Junior e Wendling (2003), a miniestaquia de *E. dunnii*, a partir de material de origem seminal, apresenta-se tecnicamente viável para a produção de mudas, não havendo a necessidade de utilização de reguladores para o enraizamento, devido ao elevado grau de juvenilidade do material. Souza Júnior e Wendling (2005), entretanto, avaliaram a miniestaquia de *E. dunnii* a partir de propágulos juvenis e obtiveram de 70% a 90% de aproveitamento das mudas, as quais apresentaram altura média variando de 12 cm a 18 cm e diâmetro do colo entre 1,5 mm e 3 mm, resultados que conferiram a eficiência técnica da miniestaquia para essa espécie.

Observando a produtividade de minicepas em um minijardim clonal de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *urophylla*, Wendling (2002) comparou as médias obtidas em sistema de hidroponia em canaletão (média geral de 5,6 miniestacas por minicepa e por coleta) com as médias obtidas por Wendling (1999) no sistema convencional de tubete (1,9 miniestaca por minicepa) e concluiu pelo grande aumento de produtividade do sistema em canaletão. Cunha et al. (2005) concluíram que a produtividade e sobrevivência de minicepas de *E. benthamii* manejadas em cultivo hidropônico e em tubetes é tecnicamente viável. Porém, o jardim clonal semi-hidropônico foi superior em termos de produtividade de brotos, mostrando-se mais promissor para a produção de propágulos.

Wendling et al. (2003) avaliaram a influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de *E. grandis* e concluíram que, em clones com baixos potenciais de enraizamento, sobrevivência e vigor, a técnica é eficiente visando ao rejuvenescimento. No entanto, encontraram variações do grau de rejuvenescimento conforme as características dos clones. Já, Wendling e Xavier (2005a, 2005b) estudando a mesma espécie, avaliaram a miniestaquia seriada em sete subcultivos e concentrações de AIB (0 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹, 1.500 mg L⁻¹ e 3.000 mg L⁻¹). Concluíram que a miniestaquia seriada foi mais eficiente no rejuvenescimento de clones com menor grau de juvenilidade e não houve diferenças quanto às concentrações de AIB. Todavia, para algumas características e clones foram constatados níveis de toxidez nas concentrações acima de 500 mg L⁻¹.

Para a propagação vegetativa de *E. benthamii* e *E. dunnii* por miniestaquia, Brondani et al. (2009) recomendaram estacas com aproximadamente 7 cm a 12 cm de comprimento, deixando-se um a dois pares de folhas reduzidas pela metade e imersão da porção basal das estacas em solução a concentração de 8.000 mg L⁻¹ de AIB. Brondani et al. (2012b) observaram que o tempo ótimo de permanência das miniestacas de clones do híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii* em casa de vegetação é de 35 a 42 dias, dependendo do genótipo. Observaram ainda que é possível determinar a porcentagem de enraizamento e o comprimento total de raízes a partir de modelos matemáticos.

Ferriani et al. (2010) apresentaram procedimentos e resultados de pesquisas sobre miniestaquia de espécies florestais, principalmente do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*. Analisaram as condições de implementação e manejo que possibilitam o desenvolvimento satisfatório de minicepas e miniestacas e discutiram a importância da miniestaquia para a produção de mudas florestais.

O efeito da sazonalidade nos processos rizogênicos é muito importante para o estabelecimento da miniestaquia de *Eucalyptus*, principalmente os utilizados em regiões frias. Brondani et al. (2009, 2010b) observaram que a sobrevivência e o enraizamento de miniestacas variam conforme o efeito da sazonalidade, sendo que os melhores índices foram observados nas estações frias (outono e inverno), para todos os clones avaliados. Por outro lado, Brondani et al. (2012a) observaram que a produtividade das minicepas de híbridos destas espécies reduz nas estações mais frias. Pires (2015) e Pires et al. (2017) concluíram que a produção de brotações de três clones de *E. benthamii* x *E. dunnii* foi influenciada significativamente por oscilações de variáveis climáticas, em diferentes semanas anteriores à coleta. Os autores afirmaram que elevadas oscilações climáticas não são benéficas para um desenvolvimento adequado das minicepas, de modo que o maior controle climático visando faixas ideais pode otimizar a produção de brotações.

Para o híbrido *Corymbia torelliana* x *C. citriodora*, Wendling et al. (2015a) investigaram se a capacidade de enraizamento e vigor das miniestacas variou em função da sua localização na minicepa, diâmetro das miniestacas e concentrações hormonais. Concluíram que o enraizamento está relacionado à lignificação e desenvolvimento do esclerênquima, e não com as concentrações internas de ácido indolacético (IAA) e ácido abscísico (ABA) na minicepa. Estudando clones desse mesmo híbrido, Wendling et al. (2015b) avaliaram o efeito de alturas de poda das minicepas na produção de brotações, capacidade de enraizamento e vigor das miniestacas. Miniestacas de plantas mais baixas geraram maior comprimento de raízes, biomassa seca e altura do que aquelas provenientes de plantas mais altas. Estas diferenças, no entanto, não estiveram relacionadas à concentração de IAA ou ABA ou a diferenças anatômicas, mas sim à maior juvenilidade do material mantido mais baixo.

Enxertia

Em termos de enxertia, os estudos com eucalipto foram iniciados na década de 1980, na Embrapa (Figura 2). Higa et al. (1983) avaliaram o efeito das famílias, progênies e enxertadores na enxertia de *E. urophylla* por borbúlia em janela aberta. Concluíram que não houve influência do enxertador e que existem variações entre e dentro de famílias, sendo as últimas maiores e, por consequência, recomendaram que a formação de porta-enxertos seja controlada geneticamente para a espécie.



Foto: Ivar Wendling

Figura 2. Enxertia de *Eucalyptus grandis*.

Xavier et al. (2009, 2013) relataram uma série de recomendações sobre a utilização da técnica de enxertia para eucalipto. Entre as várias aplicações dessa técnica na área florestal, os autores destacaram: i) perpetuação de clones que não podem ser propagados ou mantidos por estacas ou outros métodos assexuados; ii) manutenção das características genéticas da planta que se quer multiplicar; iii) em certas condições, propicia floração e frutificação precoces; iv) resistência a certas doenças e pragas em função do porta-enxerto; v) formação de pomares de produção de sementes; vi) obtenção de formas especiais no crescimento da planta; vii) renovação de plantas, substituindo a copa; viii) possibilidade de fixação de híbridos; ix) possibilidade de transformar plantas estéreis em produtivas, inoculando-lhes ramos ou gemas frutíferas; x) como técnica de resgate vegetativo de genótipos selecionados, visando atender aos objetivos de clonagem; e xi) como técnica de rejuvenescimento de clones.

Cultura de tecidos

A cultura de tecidos reúne diferentes técnicas, nas quais as plantas são cultivadas in vitro, em laboratório, em recipientes contendo meio de cultura, em ambiente

asséptico, com temperatura e fotoperíodo controlados. Como nestas condições as plantas não realizam fotossíntese, o meio é rico em macro e micronutrientes, vitaminas, carboidratos e pode ou não conter reguladores de crescimento vegetal e um agente gelificante. Dependendo da espécie e da técnica utilizada, outros reagentes podem também ser adicionados ao meio de cultura.

Revisões sobre o assunto foram publicadas também por Dutra et al. (2009), Laia et al. (2014) e Trueman et al. (2018) reportando as técnicas de cultura de tecidos que vêm sendo utilizadas para espécies do gênero *Eucalyptus*, tais como micropropagação por gemas axilares, organogênese e embriogênese somática, além da possibilidade de sua utilização para o cultivo massal em biorreatores e na transformação genética de plantas.

A cultura de tecidos para espécies florestais pode ser usada nos programas de melhoramento para a multiplicação de genótipos selecionados, rejuvenescimento de material selecionado, na obtenção de mudas livres de vírus e bactérias e na produção de sementes sintéticas. As técnicas são também a base fundamental para a obtenção de árvores transgênicas. A micropropagação, com a utilização ou não de biorreatores, e a organogênese como ferramenta para a transformação genética são as mais utilizadas para as espécies do gênero *Eucalyptus*.

Brondani et al. (2007a) avaliaram o efeito do hipoclorito de sódio (NaOCl) na assepsia de segmentos nodais de três clones híbridos de *E. benthamii* x *E. dunnii* oriundos de sistema semi-hidropônico. Os autores observaram diferenças entre clones em relação à contaminação por bactéria (0% a 9%), oxidação (0% a 6%) e explantes sadios (45% a 66%) introduzidos no cultivo in vitro, aos 21 dias após a inoculação.

Uma das principais aplicações desta técnica é na multiplicação de genótipos selecionados, com a finalidade de rejuvenescimento clonal por meio de subcultivos do material in vitro (Xavier et al., 2009, 2013; Wendling; Dutra, 2010c; Dutra; Wendling, 2017). Após este processo, as mudas micropropagadas são utilizadas para a formação de minijardins clonais. No entanto, esta técnica é altamente dependente do genótipo das plantas e, portanto, algumas espécies como *E. urophylla*, *E. grandis* e seus híbridos são mais responsivas do que outras.

A utilização de explantes provenientes de material adulto e de campo representa um dos maiores desafios, embora tenha sido utilizado com sucesso em alguns casos. Hansel et al. (2005) avaliaram a viabilidade da introdução in vitro a partir de segmentos nodais e ápices caulinares obtidos de decepta de árvores de *E. benthamii* com 17 anos. Os autores observaram que os ápices caulinares apresentaram menor contaminação (3%) e maior oxidação (20%) quando comparado aos segmentos nodais (95% e 3%), respectivamente, e selecionaram os primeiros para introdução in vitro.

Ao avaliar reguladores de crescimento e suas combinações no cultivo in vitro de *E. urophylla*, Santos et al. (2004) observaram que determinadas combinações de reguladores (1,2 mg L⁻¹ de ácido indolacético (AIA), 0,8 mg L⁻¹ de 6-bezolaminopurina (BAP) e 5 mg L⁻¹ de tiamina ou 0,1 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico e 0,1 mg L⁻¹

de BAP) promoveram melhores resultados para alongamento, número de brotações, altura e peso de plântulas. Na multiplicação in vitro de brotos do híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii*, Oliveira et al. (2014) avaliaram diferentes composições de meios de cultura acrescentados de 1,11 μM de BAP ao longo de quatro subcultivos (4 meses) e observaram que a maior taxa de multiplicação ocorreu no meio MS, durante o primeiro e o segundo subcultivos (9,28 e 9,24 por mês). A partir do terceiro subcultivo a composição do meio não influenciou a taxa de multiplicação.

Ainda para *E. benthamii* x *E. dunnii*, Brondani et al. (2007b) avaliaram diferentes concentrações de BAP e ANA na multiplicação e alongamento de híbridos e concluíram que a concentração de BAP que resultou no maior valor médio de proliferação de gemas axilares por explante, aos 30 e 60 dias após a inoculação, foi estimada em 0,30 mg L^{-1} . Já para a fase de alongamento das brotações, a concentração de 0,49 mg L^{-1} de ANA promoveu o maior número de brotações alongadas. Brondani et al. (2011) também observaram que o uso de 0,50 mg L^{-1} de BAP e 0,05 mg L^{-1} de ANA em meio de cultura promoveram o desenvolvimento de brotações de clones de *Eucalyptus*. Observaram, ainda, que a adição de 0,10 mg L^{-1} ou 0,20 mg L^{-1} de ácido giberélico em meio com 0,10 mg L^{-1} de BAP promoveu melhores resultados para o enraizamento. Na obtenção de brotações múltiplas, para o mesmo híbrido, o meio de cultura suplementado com 0,25 mg L^{-1} e 0,30 mg L^{-1} de BAP resultou na maior proliferação de gemas axilares para o clone H12 após 60 dias e 0,25 a 0,75 mg L^{-1} de ANA promoveu o maior número de brotações alongadas para o mesmo clone.

O enraizamento pode ser uma etapa da micropropagação, como descrito por Oliveira et al. (2014) que observou 35% de enraizamento em brotações provenientes do cultivo in vitro para um clone do híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii*, em meio de cultura contendo 2,46 μM de IBA e para o clone BRS 07 selecionado no programa de melhoramento da Embrapa, foi observada uma porcentagem de enraizamento in vitro da ordem de 22,5% em meio de cultura suplementado com 4,9 μM de AIB (Bettencourt et al., 2018).

A organogênese é outra técnica da cultura de tecidos, na qual, a partir das células de um tecido (de raiz, folha, etc.), ocorre a regeneração de uma nova planta, normalmente a partir da formação de uma brotação, a qual entra no processo de micropropagação, o que permite sua multiplicação. Em seguida, a plântula é enraizada e aclimatizada. Esta técnica é mais trabalhosa do que a anterior e é igualmente dependente, entre outros fatores, do genótipo, das condições da planta matriz da qual os explantes serão excisados, da composição do meio de cultura, do balanço hormonal, sendo necessariamente comumente a suplementação do meio de cultura principalmente com citocininas e auxinas. As condições do cultivo também são determinantes para o sucesso desta técnica. Este processo costuma ser mais oneroso e exige mais tempo e mão de obra especializada do que a micropropagação por segmentos nodais. No entanto, é atualmente a mais apropriada para espécies de *Eucalyptus*, quando se pretende produzir

plantas geneticamente modificadas. Neste sentido, vários protocolos podem ser encontrados na literatura para as espécies de *Eucalyptus*. No entanto, a técnica é também dependente do genótipo e cada espécie, e mesmo variedade ou clone dentro de uma mesma espécie, apresenta resposta diferenciada, exigindo protocolos específicos.

Oliveira et al. (2017) desenvolveram um protocolo de organogênese indireta a partir de folhas de plantas mantidas in vitro do clone de *E. grandis* x *E. urophylla* AEC 224. O meio de cultura suplementado com 0,25 μM de TDZ e 0,1 μM de ANA durante 30 dias, seguido de inoculação em meio de cultura suplementado com 5,0 μM de BAP possibilitou uma regeneração de brotações em 43% dos explantes, considerada alta para eucalipto. Alta taxa de regeneração também foi observada por Bettencourt et al. (2018), para um material clonal de *E. urophylla*, selecionado no programa de melhoramento genético da Embrapa. Com o intuito de posterior utilização para a transformação genética deste material, foi desenvolvido um protocolo a partir do qual foi observada uma taxa de 85,6% de regeneração, em meio de cultura suplementado com 0,5 μM de TDZ e 0,5 μM de ANA por 30 dias, seguido de meio de cultura 5,0 μM de BAP e 1,0 μM de ANA (Bettencourt et al., 2018).

Já o híbrido de *E. benthamii* x *E. dunnii* mostrou-se bem mais recalcitrante a esta técnica. A organogênese indireta de *E. benthamii* x *E. dunnii* foi avaliada a partir de explantes foliares de plantas micropropagadas. Após 70 dias observou-se que o meio de cultura MS com metade da concentração de nitrogênio, suplementado com 0,1 μM de ANA, 0,5 μM de TDZ e PVP-40 promoveu organogênese em 8,3% dos explantes (Oliveira et al., 2014).

Outros fatores como a concentração de antibióticos na seleção de plantas transformadas geneticamente também são estudados. Em estudo para determinar o tipo e a concentração de antibióticos adequados para a eliminação de *A. tumefaciens* em explantes cotiledonares e estabelecer a dose letal mínima do agente seletivo canamicina, sem que haja interferência no potencial regenerativo de *E. camaldulensis*, Quisen et al. (2009) observaram maior porcentagem de regeneração quando foi utilizado 300 mg L^{-1} de Augmentina® por 15 dias, seguido por 150 mg L^{-1} por 30 dias, e 100 mg L^{-1} por mais 30 dias. Explantes cotiledonares não transformados foram cultivados em meio de cultura suplementado com o antibiótico canamicina e a dose letal mínima foi 9 mg L^{-1} .

O sequenciamento recente do genoma de *E. grandis* (Myburg et al., 2014) forneceu informação genética importante para estudos de genômica funcional e para o desenvolvimento de novos genótipos mediante engenharia genética mantendo, no entanto, as características genéticas de clones-elite. Apesar de muitos estudos, as espécies de eucalipto ainda são bastante recalcitrantes à transformação genética, com baixas porcentagens de eficiência (Laia et al., 2014). A maioria dos trabalhos publicados referem-se a protocolos de transformação buscando elevar estas taxas. A transformação genética para um material clonal com porcentagem de regeneração por

organogênese de 85,6% foi descrita e foram obtidas plantas transgênicas expressando o gene uidA, um gene marcador que confere coloração azul às plantas transformadas em teste histoquímico. No entanto, a taxa de transformação para este protocolo ainda foi baixa (2,67%) (Bettencourt et al., 2018).

A transformação genética de *E. saligna* via *Agrobacterium tumefaciens* teve eficiência de 1,5% quando se utilizou explantes cotiledonares de sementes germinadas in vitro. Para esta espécie, a presença de acetosseringona (um composto fenólico que aumenta a eficiência da transformação via *A. tumefaciens*) foi fundamental, e com uma concentração baixa do antibiótico canamicina foi possível selecionar plantas transformadas com o gene uidA (Oliveira-Cauduro et al., 2017).

Organização e disponibilização da informação

Desde 1978, a Embrapa vem se empenhando para a sistematização da informação, contendo conhecimentos científicos, avanços e soluções tecnológicas relacionadas com a produção de mudas de eucalipto. Esta organização é estratégica no sentido de facilitar o acesso do público interessado (produtores de mudas, estudantes, extensionistas e pesquisadores) às informações, de maneira compreensível e simplificada. Neste sentido, pode ser citada a elaboração de, pelo menos, sete cartilhas, cinco livros, 15 capítulos de livro, dez dissertações de mestrado e teses, sete artigos de revisão bibliográfica. Não se tem um senso do número exato de artigos divulgados na mídia sobre produção de mudas de eucalipto. No entanto, estimativas indicam que são mais de 300 relacionados ao tema e publicados desde o início da década de 1980.

Treinamentos realizados

A partir de 1978, foram realizados pela Embrapa Florestas inúmeros eventos de treinamento, na forma de cursos, palestras e dias de campo, sendo a maioria dos iniciais sem a devida manutenção de registros. Somente nos últimos 15 anos foram realizados mais de 25 cursos de viveiros e produção de mudas, ministrados por profissionais da Embrapa, onde o eucalipto sempre teve destaque especial, tendo em vista ser a espécie com maiores avanços nessa área, onde foram treinadas mais de 1.000 profissionais do Brasil e de outros países.

Perspectivas e novas demandas

Percebe-se que muitos estudos foram desenvolvidos com a temática de produção de mudas de eucalipto nos últimos 40 anos, com clara intensificação nos últimos 15 anos. Progressos e inovações foram obtidas aos sistemas e técnicas de produção, destacando-se aquela em recipientes suspensos e, ou biodegradáveis, a substituição da terra de subsolo pelo substrato, o uso de estruturas de propagação com melhores controles ambientais e ergonômicos, técnicas de produção vegetativa, nutrição de mudas e automatização dos viveiros e sistemas de produção em níveis e intensidades variáveis.

Em termos específicos de técnicas de produção de mudas de eucalipto, tanto via sexuada ou assexuada, diferentes metodologias foram desenvolvidas e, ou aperfeiçoadas, ficando claro que a escolha dos diferentes processos dependerá do objetivo final a ser alcançado com as mudas, considerando-se suas vantagens e limitações técnicas e econômicas. Contudo, o que se observa é que as técnicas se complementam, cada qual tendo sua aplicabilidade em determinada fase do programa de melhoramento genético, onde a produção de mudas é a base.

Nos próximos anos, imagina-se que a pesquisa na área de produção de mudas de eucalipto estará focada no desenvolvimento, ajustes e avaliações em viveiro e campo de recipientes e substratos biodegradáveis, produzidos com subprodutos da agropecuária e do meio urbano, contendo nutrientes e microorganismos promotores de crescimento. Ademais, será imprescindível avançar no desenvolvimento de metodologias eficientes para enraizamento de materiais genéticos de difícil enraizamento, principalmente espécies subtropicais de eucaliptos, bem como processos eficientes de produção de sementes sintéticas e biorreatores, possibilitando associação das vantagens da clonagem com a propagação sexuada.

Referências

- ACCIOLY, A. M. de A.; SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O. Silicato de cálcio como amenizante da toxidez de metais pesados em mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 180-188, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000200010>.
- AGOSTINI, R. B.; DEDECEK, R. A.; MAEDA, S. Avaliação das características físico-hídricas de diferentes substratos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis*. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 4., 2005, Colombo. **Anais [...]**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. CD-ROM (Embrapa Florestas. Documentos, 117). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/312532>.
- BARROS, D. L. de. **Caracterização e utilização de biocarvão proveniente de resíduo madeireiro na produção de mudas florestal, frutífera e a campo de teca (*Tectona grandis*)**. 2017. 104 f. Dissertação (Tese em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

- BARROS, D. L. de; REZENDE, F. A. de; MAIA, C. M. B. de F. Uso de biochar ativado na composição de substratos para mudas de eucalipto. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 10., 2016, Campinas. **Novos materiais, novas culturas**: caderno de resumos. Campinas: IAC, 2016. 1 p.
- BETTENCOURT, G. M. de F.; SOCCOL, C. R.; GIOVANELLA, T. S.; FRANCISCON, L.; KESTRING, D. R.; GERHARDT, I. R.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of *Eucalyptus urophylla* clone BRS07-01. **Journal of Forestry Research**, v. 1, p. 1-13, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0777-4>.
- BOGNOLA, I. A.; CLASEN, L. A.; FRANCISCON, L.; GAVA, J. L.; DEDECEK, R. A.; SILVA, F. M. da. Aplicação de silicatos de cálcio e de potássio e o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 83-92, 2011. DOI: 10.4336/2011.pfb.31.66.83.
- BRIME, P. S.; MEDRADO, R. D.; BONA, A. M.; FERRARI, M. P.; URIO, C. R. Influência de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus benthamii*. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 1., 2002, Colombo. **Anais [...]**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. (Embrapa Florestas. Documentos, 70). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/307289>.
- BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; AZEVEDO, J. H.; HANSEL, F. A. Estabelecimento *in vitro* de segmentos nodais do híbrido *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ornamental Horticulture**, v. 13, p. 1115-1118, 2007a. DOI: <https://doi.org/10.14295/oh.v13i0.1595>.
- BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; AZEVEDO, J. H.; HANSEL, F. A. Multiplicação e alongamento do híbrido *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ornamental Horticulture**, v. 13, p. 1119-1122, 2007b. DOI: <https://doi.org/10.14295/oh.v13i0.1596>.
- BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; HANSEL, F. A.; ARAUJO, M. A. Micropropagation of an *Eucalyptus* hybrid (*Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 4, p. 655-663, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i4.8317>.
- BRONDANI, G. E.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 667-674, 2010a. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.4879>.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Propagação vegetativa de *E. benthamii* x *E. dunnii* por miniestaquia**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 42 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 183). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/657551>.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*: (I) sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 11-21, 2012a. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050985075>.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Miniestquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*: (II) sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 453-465, 2010b. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050982060>.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; BRONDANI, A. E.; ARAUJO, M. A.; SILVA, A. L. L. da; GONÇALVES, A. N. Dynamics of adventitious rooting in mini-cuttings of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 34, n. 2, p. 169-178, 2012b. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v34i2.13059>.

CALDEIRA, M. V. W.; GONÇALVES, E. O.; WENDLING, I.; MARTINS, R. C. C. Produção de mudas. In: SHUMACHER, M. V.; VIEIRA, M. (org.). **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria, RS: UFSM, 2015. v. 1. p. 49-82.

CALDEIRA, M. V. W.; WENDLING, I.; PENCHEL, R. M.; GONÇALVES, E. O.; KRATZ, D.; TRAZZI, P. A. Principais tipos e componentes de substratos para produção de mudas de espécies florestais. In: CALDEIRA, M. V. W.; GARCIA, G. O.; GONÇALVES, E. O.; ARANTES, M. D. C.; FIEDLER, N. C. (org.). **Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil**. Alegre, ES: Suprema, 2011a. v. 4. p. 51-100.

CALDEIRA, M. V. W.; WENDLING, I.; PENCHEL, R. M.; GONÇALVES, E. O.; KRATZ, D.; TRAZZI, P. A. Propriedades de substratos para produção de mudas florestais. In: CALDEIRA, M. V. W.; GARCIA, G. O.; GONÇALVES, E. O.; ARANTES, M. D. C.; FIEDLER, N. C. (org.). **Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil**. Alegre, ES: Suprema, 2011b. v. 1. p. 141-160.

CARVALHO FILHO, M. R.; MELLO, S. C. M. de; SANTOS, R. P. dos; MENÊZES, J. E. **Avaliação de isolados de *Trichoderma* na promoção de crescimento, produção de ácido indolacético *in vitro* e colonização endofítica de mudas de eucalipto**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008. 16 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 226).

COOPER, M. A.; GRACA, M. E. C. **Perspectivas para a maximização de enraizamento de estacas de *Eucalyptus dunnii* Maid**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1987. 9 p. (EMBRAPA-CNPQ. Circular técnica, 12).

COOPER, M. A.; GRACA, M. E. C.; TAVARES, F. R. Enraizamento de estacas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 15 p. (EMBRAPA-CNPQ. Circular técnica, 22).

CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubete. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 307-310, 2005.

DEKNES, L. B.; BITECOURT, G. A.; LAURA, V. A. Avaliação do crescimento de mudas de eucalipto sob diferentes doses de lodo de curtime. In: JORNADA CIENTÍFICA EMBRAPA GADO DE CORTE, 14., 2018, Campo Grande - MS. **[Resumos dos trabalhos]**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 70-71. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 258).

DIAS, P. C.; OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; WENDLING, I. Estaquia e miniestquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Brazilian Journal of Forestry Research**, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4336/2012.pfb.32.72.453>.

DRUMOND, M. A.; SOUZA, S. M. de. **Efeito do sombreamento na produção de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook.** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1982. 10 p. Trabalho apresentado no I. Simpósio Brasileiro do Trópico Semi-Árido, Olinda, PE, 1982.

DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. A micropropagação de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 1, p. 49-59, 2009.

DUTRA, L. F.; WENDLING, I. Micropropagação e microestaquia de eucalipto. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (org.). **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. v. 1. p. 83-119.

DUTRA, L. F.; WENDLING, I. Micropropagação e microestaquia de eucalipto. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (org.). **Produção de mudas de eucalipto**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. v. 1. p. 76-103.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 19 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 94). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/16839/1/doc94.pdf>.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Minicuttings technique applied to forest species. **Agroambiente**, v. 4, n. 2, p. 102-109, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201925032647>.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 27 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 40). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/290718>.

FOWLER, J. A. P. Superação de dormência e armazenamento de sementes de espécies florestais. In: GALVAO, A. P. M. (org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia ; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p. 77-100.

GRAÇA, M. E. C.; TAVARES, F. R. Propagação vegetativa de espécies florestais. In: GALVAO, A. P. M. (org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia ; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p. 175-198.

GRATTAPAGLIA, D.; BERTOLUCCI, F. L.; SEDEROFF, R. R. Genetic mapping of QTLs controlling vegetative propagation in *Eucalyptus grandis* and *E. urophylla* using a pseudo-testcross strategy and RAPD markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 90, n. 7-8, p. 933-947, 1995.

GUIMARÃES, D. P. **Instruções para a produção de mudas de eucalipto na propriedade rural**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 6 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado técnico, 72).

HANSEL, F. A.; DUTRA, L. F.; WENDLING, I. **Ápices caulinares como alternativa para o resgate de matrizes adultas de *Eucalyptus benthamii* diretamente do campo: resultados preliminares**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 153). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/312439>.

HIGA, A. R.; MORA, A. L.; BERTOLOTI, G.; ODA, S.; CONÇALVES, A. N.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa de progênies de *Eucalyptus urophylla* por borbullia em janela aberta. **Silvicultura**, v. 8, n. 32, p. 794-795, 1983.

HIGA, R. C. V.; BORSSATO, I. **Propagação vegetativa por estaquia de espécies/procedências de *Eucalyptus***. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1983. 2 f. (EMBRAPA-URPFCS. Pesquisa em andamento, 31).

INOUE, M. T.; VIEIRA, J. D.; CORREA, G. Estudo comparativo do desempenho fotossintético entre mudas micropropagadas e estaqueadas de 4 clones do híbrido *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. **Silvicultura**, v. 12, n. 42, t. 3, p. 493-496, 1992.

KRATZ, D.; NOGUEIRA, A. C.; WENDLING, I.; MELLEK, J. E. Physic-chemical properties and substrate formulation for *Eucalyptus* seedlings production. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 63-76, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v45n113.06>.

KRATZ, D. **Substratos para produção de mudas de *Eucalyptus benthamii***: formulação e estimativa de propriedades físico-químicas por meio da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR). 2015. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Ceres**, v. 63, n. 3, p. 348-354, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663030011>.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; SOUZA, P. V. D. de. Utilização de resíduos urbanos e agroflorestais para produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* e *Mimosa scabrella*. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 530-537, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.033>.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 125-136, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v43i1.25989>.

LAIA, M. L. de; GERHARDT, I. R.; ABAD, J. I. M.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J.; GONÇALVES, J. F.; MISSIAGGIA, A. A. A biotecnologia e o eucalipto do futuro. In: VALE, A. B. do; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; VILAR, M. B.; COSTA, C. B.; NACIF, A. de P. (ed.). **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa, MG: SIF, 2014. p. 39-67.

LISBÃO JUNIOR, L. Comparação entre dois métodos de avaliação e análise dos dados de geada em mudas de *Eucalyptus viminalis* Labill. **Silvicultura**, v. 11, n. 41, p. 70, 1986b.

LISBÃO JUNIOR, L. Comparação entre dois métodos de avaliação e análise dos danos de geada em mudas de *Eucalyptus viminalis* Labill. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 13, p. 25-33, dez. 1986a.

LOHMANN, T. R.; MESQUITA FILHO, J. de; PAULINO, B. V.; YAMAMOTO, S.; LOPES, R. B.; FONSECA, E. D. da; MASCARIN, G. M. Efeito da aplicação de *Trichoderma harzianum* na supressão de doenças e no desenvolvimento de mudas de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 6.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 2., 2009, Curitiba. **Anais: agricultura familiar e camponesa: experiências passadas e presentes construindo um futuro sustentável** Curitiba: ABA: SOCLA, 2009. p. 1478-1482. CD-ROM.

MAEDA, S.; ANDRADE, G. de C.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da; AGOSTINI R. B. Avaliação de substratos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis* obtidos da compostagem de resíduos das indústrias madeireira e cervejeira e da caprinocultura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito, MS. **A busca das raízes: anais**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006a. 4 p. CD-ROM.

MAEDA, S.; ANDRADE, G. de C.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da; AGOSTINI, R. B. Resíduos industriais e dejetos da caprinocultura como componentes de substratos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 53, p. 3-20, 2006b.

MAEDA, S.; ANDRADE, G. de C.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da; AGOSTINI, R. B. **Substratos alternativos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis*, obtidos a partir de resíduos das indústrias madeireira e cervejeira e da caprinocultura**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006c. 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 157).

MAGALHÃES, C. A. de S.; MORALES, M. M.; REZENDE, F. A. de; LANGER, J. Eficiência de fertilizantes organominerais fosfatados em mudas de eucalipto. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 80-85, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i4.52247>.

MASCHIO, W. **Populações de minhocas em plantios de *Eucalyptus* spp e efeitos de *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidade) e *Amyntas gracilis* (Megascolecidae) sobre o crescimento de mudas de *Eucalyptus* spp em casa de vegetação**. 2012. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MEIRELES, I. P.; LEAL, M. A. de A.; RESENDE, A. S. de; ROCHA, M. dos S. Resposta de mudas de eucalipto à diferentes dosagens e formulações de extratos de composto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. **A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola: anais**. Viçosa, MG: SBCS, 2012. FERTBIO 2012.

MONTEIRO, P. H. R.; AUER, C. G. Aumento da qualidade de mudas de *Eucalyptus benthamii* tratadas com Bacsol®. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012, Curitiba. **Anais [...]**. [Curitiba]: Malinovski Florestal, 2012a. CD-ROM.

MONTEIRO, P. H. R.; AUER, C. G. Avaliação do crescimento de mudas de *Eucalyptus benthamii* após o uso de Bacsol®. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. **A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola: Anais [...]**. Viçosa, MG: SBCS, 2012. FERTBIO 2012b. 3 p. CD-ROM.

MONTEIRO, P. H. R.; AUER, C. G. Teores de NPK em mudas de *Eucalyptus benthamii* tratadas com o produto Bacsol. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 14., 2015, Colombo. **Anais [...]**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. p. 98-99. (Embrapa Florestas. Documentos, 278). Resumos.

MONTEIRO, P. H. R. **Efeito de Bacsol sobre o crescimento e teor de macronutrientes em mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MONTEIRO, P. H. R.; WINAGRASKI, E.; AUER, C. G. Efeito de produto biotecnológico nos teores de nutrientes e CUB em mudas de *Eucalyptus benthamii*. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 5., 2015, Curitiba. **Novas tecnologias florestais: anais**. [Curitiba]: Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal, 2015. 10 p. Disponível online.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. **Produção de mudas de *Eucalyptus* para o estabelecimento de plantios florestais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 9 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Comunicado técnico, 85).

MOURA, V. P. G. **Influência da altitude no tamanho de sementes e no crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1983. 20 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de pesquisa, 17).

MYBURG, A. A.; GRATTAPAGLIA, D.; TUSKAN, G. A.; HELLSTEN, U.; HAYES, R. D.; GRIMWOOD, J.; GOODSTEIN, D. M. The genome of *Eucalyptus grandis*. **Nature**, v. 510, n. 7505, p. 356-362, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature13308>.

OLIVEIRA, C.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J.; BETTENCOURT, G. M. de F.; AMANO, E.; FRANCISCON, L.; QUOIRIN, M. Micropropagation of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* AEC 224 clone. **Journal of Forestry Research**, v. 28, p. 29-39, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0282-6>.

OLIVEIRA-CAUDURO, Y. de; ADAMUCHIO, L. G.; BESPALHOK FILHO, J. C.; GERHARDT, I. R.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J.; BERNARDES, M.; QUOIRIN, M. Optimization of factors affecting the *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of *Eucalyptus saligna*. **Revista Árvore**, v. 41, p. 1-9, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000300015>.

OLIVEIRA, Y.; ADAMUCHIO, L.; DEGENHARDT, J.; BESPALHOK FILHO, J.; DIBAX, R.; QUOIRIN, M. Organogênese indireta a partir de explantes foliares e multiplicação in vitro de brotações de *Eucalyptus benthamii* X *Eucalyptus dunnii*. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 347-355, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509814572>.

PINTO JÚNIOR, J. E.; FERREIRA, C. A. **A pesquisa florestal na Embrapa 1978-1993**: versão preliminar. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. (Embrapa Florestas. Documentos, 171).

PIRES, P. P. **Influência das oscilações climáticas na miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii***. 2015. 89 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

PIRES, P. P.; WENDLING, I.; SOUZA, A. M. de; COELHO, A. S. G. Oscilaciones del clima en la producción de brotes en mini-jardín clonal de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*. **Bosque**, v. 38, n. 3, p. 487-493, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300006>.

QUEIROZ, D. L. de; CAMARGO, J. M. M.; DEDECEK, R. A.; OLIVEIRA, E. B. de; ZANOL, K. M. R.; MELIDO, R. C. N. Absorção e translocação de silício em mudas de *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 632-640, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509832053>.

QUISEN, R. C.; de OLIVEIRA, Y.; PILEGGI, M.; CUQUEL, F.; QUOIRIN, M. Selective agent and A. tumefaciens overgrowth-control antibiotics in *Eucalyptus camaldulensis* Cotyledonary culture. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 1485-1492, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000600020>.

RODRIGUES, D. M. de S.; MELEM JUNIOR, N. J.; BORGES, W. L. Influência de sedimentos do Rio Amazonas no desenvolvimento de mudas de espécies florestais. In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAPÁ, 2., 2016, Macapá. **Resumos [...]**. Macapá: Embrapa Amapá, 2016. p. 34.

ROSA, L. S. **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- ROSA, L. S.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; REISSMANN, C. B. Efeito do nitrogênio no estado nutricional e na produção de biomassa em minicepas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Cerne**, v. 13, p. 17-22, 2007.
- ROSA, L. S.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; REISSMANN, C. B. Efeito da dose de nitrogênio e de formulações de substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* MAIDEN. **Revista Árvore**, v. 33, p. 1025-1035, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000600005>.
- ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; BOGNOLA, I. A.; WESTPHALEN, D. J.; MILANI, J. E. de F. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 85-96, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v45i1.31224>.
- SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. dos R. (ed.). **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 138 p. (TT florestal: transferência de tecnologia florestal).
- SANTOS, D. C. dos; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; FRACARO, L. C. **Alongamento in vitro de *Eucalyptus urophylla***. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 120). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/310403>.
- SANTOS, R. P.; CARVALHO FILHO, M. R.; MARTINS, I.; MELLO, S. C. M. de. **Avaliação de isolados de *Trichoderma* spp. e *Gliocladium virens* na promoção de crescimento em mudas de eucalipto e na produção de ácido indolacético in vitro**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008. 9 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 232).
- SASS, A. L.; SANTOS, D. E. C. dos; MAEDA, S.; MAIA, C. M. B. de F. Efeito de carvão vegetal em substratos para a produção de mudas de eucalipto. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 4., 2018, Ribeirão Preto. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa; Colombo: Embrapa Florestas, 2018. p. 55-59.
- SILVA, H. D. da; SOUZA, S. M. de; PIRES, I. E. Influência da espessura e tipo de material de cobertura na produção de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Silvicultura**, v. 8, n. 28, p. 494-496, 1983.
- SILVEIRA, R. L. V. de A.; MOREIRA, A.; HIGASHI, E. N. Crescimento e sobrevivência de mudas de eucalipto sob doses de boro cultivadas em condições de viveiro e de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 2, p. 366-371, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000200017>.
- SOUZA, A. F. **Crescimento, alocação de biomassa e eficiência de uso de água por mudas de *Eucalyptus urograndis*, *Tabebuia impetiginosa*, *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata***. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- SOUZA JUNIOR, L.; WENDLING, I.; HIGA, R. C. V. Resgate de indivíduos adultos selecionados de *Eucalyptus viminalis* por estaquia. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 1., 2002, Colombo. **Anais [...]**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 70). Resumo 19.
- SOUZA JÚNIOR, L.; WENDLING, I. **Miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* utilizando propágulos juvenis**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 3 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 108).
- SOUZA JUNIOR, L.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de *Eucalyptus dunnii* via miniestaquia de material juvenil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 46, p. 21-30, 2003.

- SOUZA, S. M.; CÂNCIDO, J. F. **Efeito de diferentes tipos de cobertura e quantidade de substrato na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Waiden)**. Viçosa, MG: UFV; Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1977. Não paginado.
- SOUZA, S. M. de; SILVA, H. D. da; RIBASKI, J. **Como produzir mudas de eucalipto**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1981. 3 p. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado técnico, 4).
- STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; SCHIEDECK, G. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4336/2011.pfb.31.66.75>.
- STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. The use of auxin quantification for understanding clonal tree propagation. **Forests**, v. 27, n. 8, p. 333-342, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/f8010027>.
- STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: REFLORESTAMENTO de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais. Brasília, DF: Embrapa, 2000. p.125-150.
- STURION, J. A.; GRAÇA, L. R.; ANTUNES, J. B. M. **Produção de mudas de espécies de rápido crescimento por pequenos produtores**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 20 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 37). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/289921>.
- STURION, J. A. **Métodos de produção e técnicas de manejo que influenciam o padrão de qualidade de mudas de essências florestais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. 18 p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 3).
- STURION, J. A. Produção de sementes florestais melhoradas. In: GALVAO, A. P. M. (org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p. 71-76.
- TAVARES, F. R.; GRAÇA, M. E. C. Materiais e procedimentos para a produção de mudas por estaquia. In: GALVAO, A. P. M. (org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p. 199-208.
- TEIXEIRA, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; ARTHUR JUNIOR, J. C.; DEZORDI, C. *Eucalyptus* sp. seedling response to potassium fertilization and soil water. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 47-63. 2008.
- TRUEMAN, S. J.; HUNG, C. D.; WENDLING, I. Tissue culture of *Corymbia* e *Eucalyptus*. **Forests**, v. 9, n. 2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9020084>.
- WENDLING, I.; BROOKS, P. R.; TRUEMAN, S. J. Topophysis in *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* seedlings: adventitious rooting capacity, stem anatomy, and auxin and abscisic acid concentrations. **New Forests**, v. 46, p. 107-120, 2015a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9451-7>.
- WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 54 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 130). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/314506>.

- WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (org.). **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010a. p. 49-80.
- WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (org.). **Produção de mudas de eucalipto**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017a. p. 47-75.
- WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (org.). **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010b. p. 13-47.
- WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (org.). **Produção de mudas de eucalipto**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017b. p. 13-46.
- WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010c. 184 p.
- WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 48 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 79).
- WENDLING, I. Hormônios e reguladores de crescimento: realidades e mitos na clonagem de eucalipto. **Opiniões**, v. 10, n. 34, p. 32-34, 2014.
- WENDLING, I. **Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia**. 1999, 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- WENDLING, I. **Rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia seriada e micropropagação**. 2002. 91 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG).
- WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry - Part I: concepts, regulation and consequences of phase change. **New Forests**, v. 45, p. 449-471, 2014a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9421-0>.
- WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry - Part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v. 45, p.473-486, 2014b. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9415-y>.
- WENDLING, I.; Warburton, P. M.; TRUEMAN, S. J. Maturation in *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* stock plants: Effect of pruning height on shoot production, adventitious rooting capacity, stem anatomy, and auxin and abscisic acid concentrations. **Forests**, v. 6, p. 3763-3778, 2015b. DOI: <https://doi.org/10.3390/f6103763>.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado a espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n.1, p. 187-194, 2001.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência da miniestaquia seriada no vigor radicular de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 681-689, 2005a.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 921-930, 2005b.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N. Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 611-618, 2003.

XAVIER, A.; ANDRADE, H. B.; OLIVEIRA, M. L.; WENDLING, I. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de híbrido de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 25, n. 4, p. 403-411, 2001.

XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus***. Viçosa, MG: SIF, 1998. 10 p. (Informativo Técnico SIF, 11).

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: UFV, 2009. 272 p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 279 p.

